

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-093506

(43)Date of publication of application : 10.04.1998

(51)Int.Cl. H04B 10/02
H04B 10/18
H04B 10/28
H04B 10/26
H04B 10/14
H04B 10/04
H04B 10/06

(21)Application number : 08-242319

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 12.09.1996

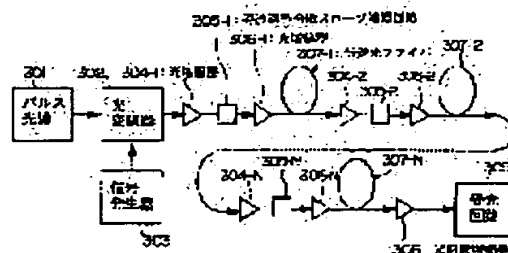
(72)Inventor : KAWANISHI SATOKI
TAKIGUCHI KOICHI

(54) SHORT OPTICAL PULSE TRANSMITTER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To attain optical transmitter with a short pulse at a high bit rate by eliminating the effect of deterioration in waveform due to higher harmonic wavelength dispersion of a transmission optical fiber.

SOLUTION: An optical pulse generated by a pulse light source 301 is coded by a signal generator 303 and an optical modulator 302, and sent to a transmission line as an optical signal pulse. In order to eliminate the effect of higher harmonic wavelength dispersion (dispersion slope) of transmission optical fibers 307-1-307-N, a compensation circuit (waveguide type dispersion slope compensation circuits 305-1-305-N) having a dispersion slope inverse to the dispersion slope are inserted to the transmission line. Thus, in the case of sending a high speed optical pulse (short optical pulse), deterioration in the pulse waveform due to effect of the higher harmonic wavelength dispersion is eliminated to realize the high speed optical pulse transmission.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 19.08.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

Best Available Copy

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-93506

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 4 B 10/02

10/18

10/28

10/26

10/14

識別記号

F I

H 0 4 B 9/00

M

Y

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平8-242319

(22) 出願日

平成 8 年(1996) 9 月12日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番 2 号

(72) 発明者 川西 悟基

東京都新宿区西新宿三丁目19番 2 号 日本

電信電話株式会社内

(72) 発明者 瀧口 浩一

東京都新宿区西新宿三丁目19番 2 号 日本

電信電話株式会社内

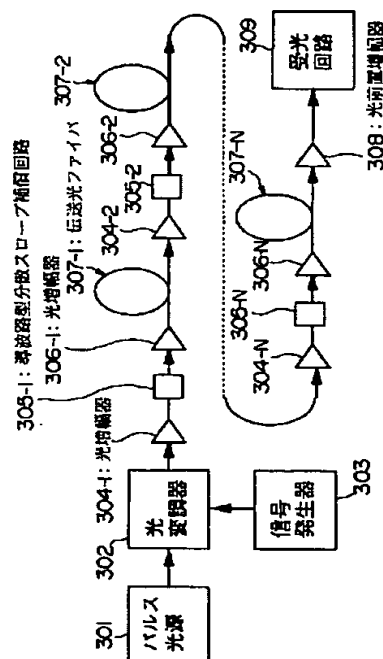
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武

(54) 【発明の名称】 短光パルス伝送装置

(57) 【要約】

【課題】 伝送光ファイバの高次波長分散による波形の劣化の影響を解消することによって、短パルス・高ビットレートの光伝送を可能とすること。

【解決手段】 パルス光源 301 で生成された光パルスは、信号発生器 303 および光変調器 302 によって符号化され、光信号パルスとして伝送路に送出される。伝送路では、伝送光ファイバ 307-1~307-N の有する高次波長分散（分散スロープ）の影響を取り除くために、該分散スロープと逆の分散スロープを有する補償回路（導波路型分散スロープ補償回路 305-1~305-N）が、該伝送路に挿入されている。これにより、高速光パルス（短光パルス）を伝送した場合における、上記高次波長分散の影響によるパルス波形の劣化を除去して、該高速光パルス伝送を実現できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光パルス信号列を伝送用光ファイバを用いて伝送する光パルス伝送装置において、

所望の波長における伝送用光ファイバの分散の傾きに対して逆の傾きの分散を有する分散スロープ補償手段、および、該伝送用光ファイバに対して分散の絶対値が等しく分散の符号が逆である分散補償手段を配置し、

該分散スロープ補償手段は、平面導波路型分散スロープ補償回路であることを特徴とする光パルス伝送装置。

【請求項2】 光パルス信号列を伝送用光ファイバを用いて伝送する光パルス伝送装置において、

所望の波長における伝送用光ファイバの分散の傾きに対して逆の傾きの分散を有する分散スロープ補償手段、および、該伝送用光ファイバに対して分散の絶対値が等しく分散の符号が逆である分散補償手段を、該伝送用光ファイバの前に配置し、

該分散スロープ補償手段は、平面導波路型分散スロープ補償回路であることを特徴とする光パルス伝送装置。

【請求項3】 光パルス信号列を伝送用光ファイバを用いて伝送する光パルス伝送装置において、

所望の波長における伝送用光ファイバの分散の傾きに対して逆の傾きの分散を有する分散スロープ補償手段、および、該伝送用光ファイバに対して分散の絶対値が等しく分散の符号が逆である分散補償手段を、該伝送用光ファイバの後に配置し、

該分散スロープ補償手段は、平面導波路型分散スロープ補償回路であることを特徴とする光パルス伝送装置。

【請求項4】 光パルス信号列を伝送用光ファイバを用いて伝送する光パルス伝送装置において、

所望の波長における伝送用光ファイバの分散の傾きに対して逆の傾きの分散を有する分散スロープ補償手段、および、該伝送用光ファイバに対して分散の絶対値が等しく分散の符号が逆である分散補償手段を、該伝送用光ファイバの適当な間隔をあけた複数箇所に配置し、該分散スロープ補償手段は、平面導波路型分散スロープ補償回路であることを特徴とする光パルス伝送装置。

【請求項5】 請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の光パルス伝送装置において、

前記平面導波路型分散スロープ補償回路は、分岐比可変カップラと熱光学位相フィルタを用いたプログラマブル平面導波路型分散スロープ補償回路であることを特徴とする光パルス伝送装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光パルスを用いた超高速光伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 図4は、光パルスを用いた従来の超高速光伝送システムの一例を示すブロック図である。この図において、11はパルス光源、12は光変調器、13は

信号発生器、14-1~14-Nは光増幅器、15-1~15-Nは伝送光ファイバ、18は光前置増幅器、19は受光回路である。この図において、パルス光源11で生成された光パルスは、信号発生器13および光変調器12によって符号化され、光信号パルスとして、伝送光ファイバ15-1~15-Nからなる伝送路に送出される。

【0003】 上記光信号パルスの波長としては、伝送光ファイバ15-1~15-Nの波長分散によるパルス波形の劣化を避けるために、該波長は、伝送光ファイバ15-1~15-Nの零分散波長に設定される。また、上記光信号パルスのパワーとしては、該パワーは、伝送光ファイバ15-1~15-N中の光非線形効果の影響を受けない程度の値（平均信号光パワーで1mW程度）に設定される。伝送光ファイバ15-1~15-N中を伝搬する光信号パルスのパワーは、伝送光ファイバ15-1~15-Nでの損失によって減少するため、適当な間隔ごとに光増幅器14-1~14-Nを挿入して、その損失を補償する。

【0004】 図5は、上記光増幅器の構成例を示すブロック図であり、図5(a)は後方励起の場合の構成例を、図5(b)は前方励起の場合の構成例を、図5(c)は双方向励起の場合の構成例を示す。図5において、20は希土類ドープ光ファイバ（以下RDFと称する）、21はRDF・20を励起する励起光源、22は励起光源21からの励起光と光パルスとを合波してRDF・20に入射する波長合波器である。なお、この光増幅器によって増幅された光の出力には自然放光雑音も混入しているため、通常は光増幅器の出力側に光バンドパスフィルタを挿入して、伝送したい光信号パルスの波長付近の光信号のみを透過させて、雑音の累積を抑圧する構成が用いられる。

【0005】 このようにして、光信号パルスは、伝送光ファイバ15-1~15-Nを伝送した後、前置光増幅器18を介して受光回路19に導かれる。本従来技術を用いた伝送実験の報告例としては、[1] S.Kavanishi, H.Takara, K.Uchiyama, M.Saruwatari, and T.Kito h, "100 Gbit/s, 200 km Optical Transmission Experiment using extremely lowjitter PLL Timing Extraction and all-optical demultiplexing based onpolarisation insensitive four-wave mixing," Electron. Lett., vol.30, pp.800-801, 1994.に詳細が述べられている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、ここに示した従来技術には、次に示すような問題点があった。上述した超高速光伝送システムによる短光パルス伝送において、信号のビットレートを上げようとする場合には、光パルスのパルス幅を細くする必要がある。時間領域において光パルスのパルス幅が減少すると、周波数領

域においては高周波成分が増加することにつながるため、光パルスの時間波形をフーリエ変換して得られるスペクトル幅は増加することになる。この（光パルスの時間領域におけるパルス幅の減少によって生じた）スペクトル幅の広がり、ある値を越えると、該光パルスは、伝送光ファイバの高次の波長分散の影響を受けるように*

$$\beta(\omega) = \beta_0 + \beta_1(\omega - \omega_0) + (1/2)\beta_2(\omega - \omega_0)^2 + \dots$$

... (1)

$$\beta_m = [d^m \beta / d\omega^m]$$

... (2)

$$D = d\beta_1 / d\lambda$$

$$= - (2\pi c / \lambda^2) \beta_2$$

... (3)

【0008】この図から明らかなように、伝送光ファイバとして通常の分散シフトファイバを用いた場合、2次の伝搬定数 β_2 は、実は波長に対する依存性を有しており、厳密な意味で波長分散が0になる波長は、図6

(a)に示すグラフにおいて一点しかない。これは、高次分散 β_3 の存在を意味しており、式(3)から、波長がほぼ一定とみなせる程度に狭い波長領域においては、分散曲線の傾きが β_3 に相当する。

【0009】また、図6(b)は、信号光のスペクトルの一例を示す説明図である。上述したように、信号のビットレートが上がるにつれて、信号のスペクトルの広がり大きくなり、100 Gbit/sの光信号の占有するスペクトル幅は、図6(b)に示すように、約0.7 nmとなる。このようなスペクトルの広がりを持つ信号光が光ファイバに入射した場合には、信号スペクトルの最も短波長側の部分と最も長波長側の部分とが感じる屈折率は同じではないため、伝送路ファイバの出口における信号光のスペクトルは、たとえスペクトルの中心部分が零分散であっても、その形状が変化し、従って、光パルスの時間波形も非対称になったりスプリアス振動成分が生じたりする。

【0010】この光ファイバの高次波長分散がパルス波形に対して及ぼす影響については、[2] G.P.Agrawal, Nonlinear fiber optics (second edition), Academic Press, pp.111-113, 1995.に詳細が述べられている。

【0011】本発明は、このような従来の問題点に着目してなされたもので、伝送光ファイバの高次波長分散による波形の劣化の影響を解消することによって、短パルス・高ビットレートの光伝送を可能とすることを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、光パルス信号列を伝送用光ファイバを用いて伝送する光パルス伝送装置において、所望の波長における伝送用光ファイバの分散の傾きに対して逆の傾きの分散を有する分散スロープ補償手段、および、該伝送用光ファイバに対して分散の絶対値が等しく分散の符号が逆である分散補償手段を配置し、該分散スロープ補償手段は、平面導

*なる。

【0007】図6(a)は、伝送光ファイバの波長分散特性を示すグラフである。一般に、伝送光ファイバの伝搬定数 β および波長分散 D は、次式(1)～(3)のように表される。

波路型分散スロープ補償回路であることを特徴とする。請求項2記載の発明は、光パルス信号列を伝送用光ファイバを用いて伝送する光パルス伝送装置において、所望の波長における伝送用光ファイバの分散の傾きに対して逆の傾きの分散を有する分散スロープ補償手段、および、該伝送用光ファイバに対して分散の絶対値が等しく分散の符号が逆である分散補償手段を、該伝送用光ファイバの前に配置し、該分散スロープ補償手段は、平面導波路型分散スロープ補償回路であることを特徴とする。請求項3記載の発明は、光パルス信号列を伝送用光ファイバを用いて伝送する光パルス伝送装置において、所望の波長における伝送用光ファイバの分散の傾きに対して逆の傾きの分散を有する分散スロープ補償手段、および、該伝送用光ファイバに対して分散の絶対値が等しく分散の符号が逆である分散補償手段を、該伝送用光ファイバの後に配置し、該分散スロープ補償手段は、平面導波路型分散スロープ補償回路であることを特徴とする。請求項4記載の発明は、光パルス信号列を伝送用光ファイバを用いて伝送する光パルス伝送装置において、所望の波長における伝送用光ファイバの分散の傾きに対して逆の傾きの分散を有する分散スロープ補償手段、および、該伝送用光ファイバに対して分散の絶対値が等しく分散の符号が逆である分散補償手段を、該伝送用光ファイバの適当な間隔をあけた複数箇所に配置し、該分散スロープ補償手段は、平面導波路型分散スロープ補償回路であることを特徴とする。請求項5記載の発明は、請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の光パルス伝送装置において、前記平面導波路型分散スロープ補償回路は、分岐比可変カップラと熱光学位相フィルタを用いたプログラマブル平面導波路型分散スロープ補償回路であることを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】

§1. 概要

本発明は、伝送光ファイバの有する高次波長分散（分散スロープ）の影響を取り除くために、該分散スロープと逆の分散スロープを有する補償回路（導波路型分散スロープ補償回路）を伝送路に挿入して、伝送光ファイバの有する高次波長分散の影響を打ち消し、これにより、高

速光パルス（短光パルス）を伝送した場合における、上記高次波長分散の影響によるパルス波形の劣化を除去して、該高速光パルス伝送を実現することを特徴とする。

【0014】§2. 実施形態

以下、図面を参照して、この発明の実施形態について説明する。図1は、この発明の一実施形態による超高速光伝送システムの構成例を示すブロック図である。この図において、301はパルス光源、302は光変調器、303は信号発生器、304-1～304-Nは光増幅器、305-1～305-Nは導波路型分散スロープ補償回路、306-1～306-Nは光増幅器、307-1～307-Nは伝送光ファイバ、308は光前置増幅器、309は受光回路である。本実施形態において、従来技術による超高速光伝送システムとの違いは、伝送路に、導波路型分散スロープ補償回路305-1～305-Nを挿入している点である。

【0015】図2は、本実施形態による導波路型分散スロープ補償回路の構成例を示すブロック図である。この図において、401は入力ポート、 $\theta_1 \sim \theta_N$ は熱光学位相シフタ、 $\phi_0 \sim \phi_N$ は分岐比可変カップラ、402は出力ポート、403はシリコン基板である。本導波路型分散スロープ補償回路の基本動作原理は、[3] K. Jinguji and M. Kawachi, "Synthesis of coherent two-port lattice-form optical delay-line circuit," IEEE J. Lightwave Technol., vol. 13, pp. 73-82, 1995に詳細が述べられている。

【0016】この文献をもとに本回路の動作を説明する。本回路の基本構成は、分岐比可変カップラ（ ϕ_k 、 $k=0 \sim N$ ）、熱光学位相シフタ（ θ_k 、 $k=0 \sim N$ ）および分岐比可変カップラ間に一定の時間遅延を与える光遅延回路の組を単位光機能回路として、この単位光機能回路を複数段縦続接続したものである。各段における分岐比可変カップラの分岐比 ϕ_k および熱光学位相シフタの位相 θ_k を設定することによって、本回路の伝達関数を、フーリエ級数で表される周期関数に設定することができる。従って、所望の補償特性をフーリエ級数で表現することによってその機能を本回路で実現することができる。ただし、フーリエ級数で表現された関数は周期関数であり、本回路は、ある有限の帯域に対して有効であり、有効帯域幅を外れた光波長に対しては同じ特性の繰り返しとなる。

【0017】図3は、本実施形態による超高速光伝送システムの特性例を示すグラフである。本図から明らかにように、導波路型分散スロープ補償回路を用いることに

よって、伝送光ファイバの分散スロープを補償することができる。なお、本回路についての詳細は、[4] 瀧口、川西、高良、岡本、神宮寺、大森：「ラティス型プログラマブル光フィルタを用いた高次分散補償器」1996年電子情報通信学会総合全国大会講演論文集B-1114に述べられている。

【0018】以上、この発明の実施形態を図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計の変更等があってもこの発明に含まれる。

【0019】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、短光パルス伝送において、光ファイバの高次波長分散の影響を除去することができるため、超高速光信号を伝送した場合でも信号波形の劣化が生じないため、伝送速度の向上や伝送距離の拡大が可能である等、その効果は大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の一実施形態による超高速光伝送システムの構成例を示すブロック図である。

【図2】 同実施形態による導波路型分散スロープ補償回路の構成例を示すブロック図である。

【図3】 同実施形態による超高速伝送システムの特性例を示すグラフである。

【図4】 従来の超高速光伝送システムの一例を示すブロック図である。

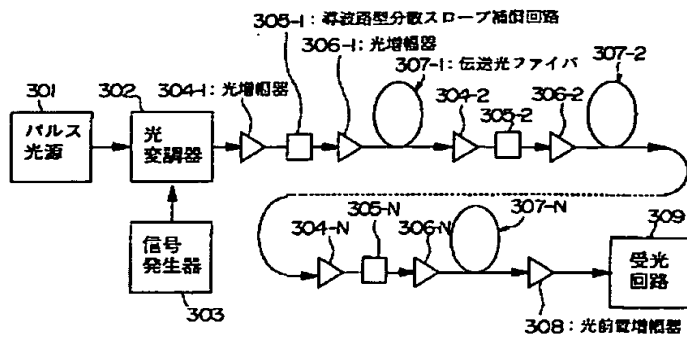
【図5】 (a)は後方励起の光増幅器の構成例を示すブロック図であり、(b)は前方励起の光増幅器の構成例を示すブロック図であり、(c)は双方向励起の光増幅器の構成例を示すブロック図である。

【図6】 (a)は伝送光ファイバの波長分散特性を示すグラフであり、(b)は信号光のスペクトルの一例を示す説明図である。

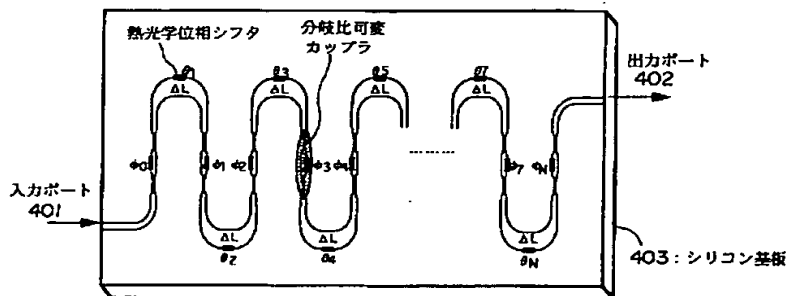
【符号の説明】

301……パルス光源、302……光変調器、303……信号発生器、304-1、304-2、304-N、306-1、306-2、306-N……光増幅器、305-1、305-2、305-N……導波路型分散スロープ補償回路、307-1、307-2、307-N……伝送光ファイバ、308……光前置増幅器、309……受光回路、401……入力ポート、402……出力ポート、403……シリコン基板、 $\theta_1 \sim \theta_N$ ……熱光学位相シフタ、 $\phi_0 \sim \phi_N$ ……分岐比可変カップラ

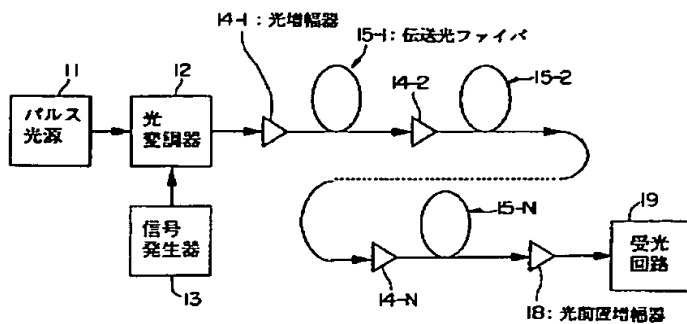
【図1】



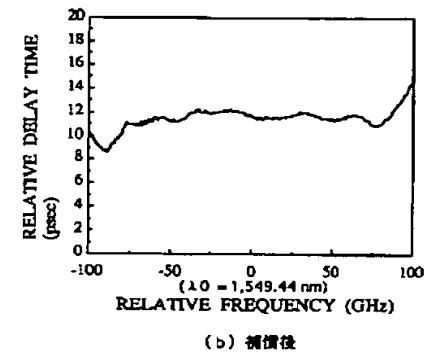
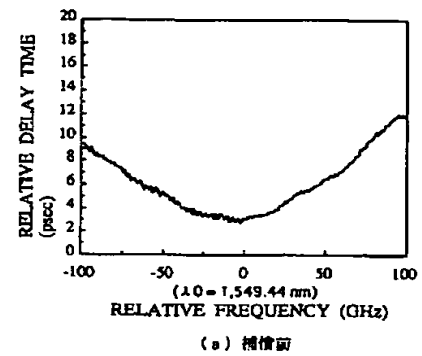
【図2】



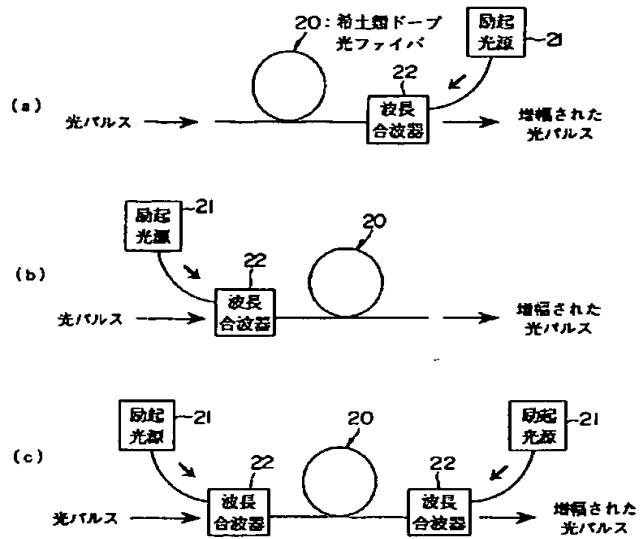
【図4】



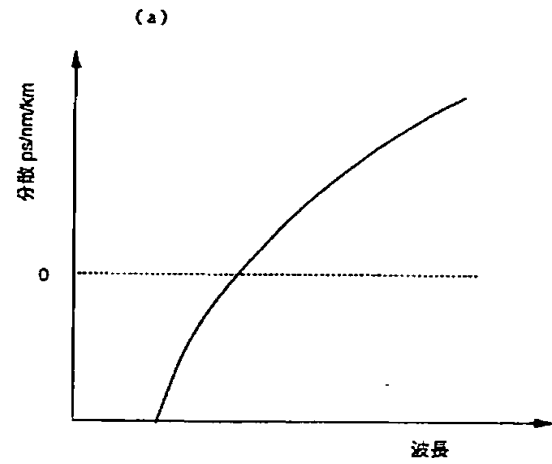
【図3】



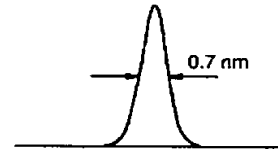
【図5】



【図6】



(b) 100 Gbit/s信号光スペクトル



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

H 0 4 B 10/04

10/06

識別記号

F I

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.